

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-348842

(43)Date of publication of application : 22.12.1994

(51)Int.Cl. G06F 15/68
H04N 1/40

(21)Application number : 05-140334

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI MEDICAL CORP

(22)Date of filing : 11.06.1993

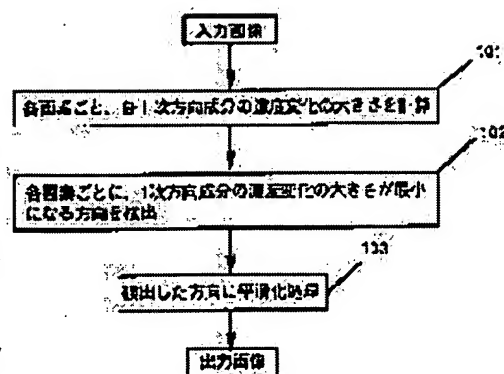
(72)Inventor : KIDO KUNIIHIKO
SANO KOICHI
TAGUCHI JUNICHI

(54) NOISE REDUCING FILTER

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress the burring or density nonuniformity of an edge to the minimum for a picture whose S/N is low, and to obtain a noise reduction picture at a high speed.

CONSTITUTION: A processing constituted of a step 101 which calculates the size E of the density change in each primary direction for each picture element of the inputted picture, step 102 which decides the direction in which the size of the density change in the primary direction calculated by the step 101 is the minimum as the primary direction component of a local structure for each picture element, and step 103 which operates a smoothing processing to the primary direction detected by the step 102 for each picture element, is operated, and the noise reduction picture is obtained. The primary direction component of the local structure of the picture is detected, and the smoothing processing is operated along the direction. Thus, the paleness or density nonuniformity of the edge part can be suppressed to the minimum, and the noise can be efficiently attained at a high speed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3472596

[Date of registration] 12.09.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-348842

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/68	4 1 0	9191-5L		
H 0 4 N 1/40	1 0 1 C	9068-5C		

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-140334

(22) 出願日 平成5年(1993)6月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000153498

株式会社日立メディコ

東京都千代田区内神田1丁目1番14号

(72) 発明者 木戸 邦彦

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株

式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 佐野 耕一

神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株

式会社日立製作所システム開発研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ノイズ低減フィルター

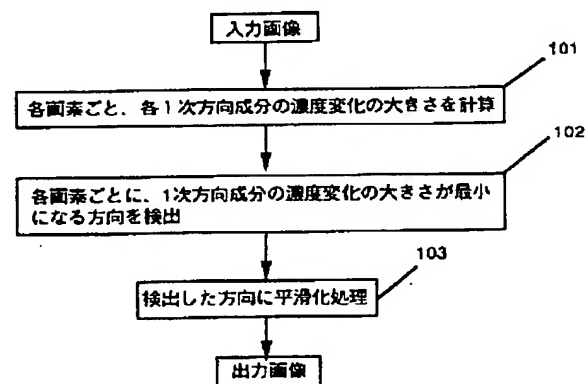
(57) 【要約】

【目的】 S/Nの低い画像に対して、エッジのぼけや濃度むらを最小限に抑えながら、ノイズ低減画像を高速に得る。

【構成】 入力される画像の各画素に対して、各1次方向ごとに濃度変化の大きさEを計算するステップ101と、各画素ごとステップ101で計算された1次方向の濃度変化の大きさのうち最小な方向を局所構造の1次方向成分と決定するステップ102と、各画素ごとステップ102で検出された1次方向に平滑化処理を行うステップ103からなる処理を行いノイズ低減画像を得る。

【効果】 画像の局所構造のうち1次方向成分を検出して、その方向に平滑化処理を行うので、エッジ部のぼけや濃度むらを最小限に抑えながらノイズを効果的にしかも高速に低減することができる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】画像データの各画素に対して、濃度変化の大きさ E_i を各1次方向成分 i ごとに計算するステップと、各画素において濃度変化の大きさ E_i が最小になる方向に平滑化処理を行うステップを持つことを特徴とするノイズ低減フィルター。

【請求項2】濃度変化の大きさ E_i を、各1次方向成分 i の線上にある隣接画素どうし濃度差の絶対値の和として計算する請求項1のノイズ低減フィルター。

【請求項3】濃度変化の大きさ E_i を 3×3 のマトリクスに含まれる画素値から求める請求項1のノイズ低減フィルター。

【請求項4】濃度変化の大きさ E_i を 3×3 のマトリクスに含まれる画素値から求めるとき、1次方向成分 i を45度単位の4方向($i = 1 \sim 4$)とする請求項3のノイズ低減フィルター。

【請求項5】濃度変化の大きさ E_i を 5×5 のマトリクスに含まれる画素から求めることを特徴とする請求項1のノイズ低減フィルター。

【請求項6】濃度変化の大きさ E_i を 5×5 のマトリクスに含まれる画素から求めるとき、1次方向成分 i を8方向($i = 1 \sim 8$)とする請求項5のノイズ低減フィルター。

【請求項7】各画素ごとに、各1次方向成分 i ごとに計算された濃度変化の大きさ E_i が最小になる方向及びその最小値 E_{\min} から平滑化のためのマトリクスサイズを決定するステップと、決定された平滑化のためのマトリクスサイズに従って検出された方向に平滑化処理を行う請求項1のノイズ低減フィルター。

【請求項8】各1次方向成分 i ごとに計算された濃度変化の大きさ E_i の最小値 E_{\min} に対して、 E_{\min} が小さいほど平滑化のためのマトリクスサイズを大きくする請求項7のノイズ低減フィルター。

【請求項9】画像データの各画素に対して、濃度変化の大きさ E_i を各1次方向成分 i ごとに計算するステップと、各画素ごとに濃度変化の大きさ E_i が最小な方向及びその最小値 E_{\min} から、2次元平滑化を行うか1次元平滑化を行うかの平滑化次元の決定及び平滑化のためのマトリクスサイズを決定するステップと、各画素ごとに決定された平滑化のためのマトリクスサイズ及び平滑化次元に従い、2次元平滑化の場合は面平滑化処理を、1次元平滑化の場合は平滑化のためのマトリクスサイズに従って検出された方向に平滑化処理を行うステップを持つことを特徴とするノイズ低減フィルター。

【請求項10】各画素において、各1次方向成分 i ごとに計算された濃度変化の大きさ E_i の最小値 E_{\min} が、あらかじめ定められたしきい値以下のときその画素において2次元平滑化を行う請求項9のノイズ低減フィルター。

【請求項11】画像データの各画素に対して、濃度変化

の大きさ E_i を各1次方向成分 i ごとに計算するステップと、各画素ごとに濃度変化の大きさ E_i が最小な方向及びその最小値 E_{\min} からマトリクスサイズを決定するステップと、決定された方向のマトリクスの端点からマトリクスの外部に向かって、濃度変化の大きさ E_i が最小な方向に平滑化領域を拡大するステップと、各画素において決定された平滑化領域において平滑化処理を行うステップを持つことを特徴とするノイズ低減フィルター。

10 【請求項12】画像データの各画素に対して、マトリクスサイズを単調に減少させながら各マトリクスサイズで局所構造の方向性の有無を判定するとき、注目画素において局所構造に方向性が有ると判定される最初のマトリクスサイズを求めるステップと、各画素ごと決定されたマトリクスサイズで濃度変化の大きさ E_i が最小な1次方向成分の検出を行うステップと、各画素ごとに決定されたマトリクスサイズに従って検出された方向に平滑化処理を行うことを特徴とするノイズ低減フィルター。

【請求項13】マトリクスサイズ 5×5 、 3×3 、 1×1 により、各マトリクスサイズで局所構造の方向性の有無を判定する請求項12のノイズ低減フィルター。

【請求項14】マトリクスサイズ 3×3 、 1×1 により、各マトリクスサイズで局所構造の方向性の有無を判定する請求項12のノイズ低減フィルター。

【請求項15】画像データの各画素に対して、マトリクスサイズ $n \times n$ の領域において、各1次方向成分($i = 1 \sim m$)の濃度変化の大きさ E_i を計算するステップと、各画素ごと濃度変化の大きさ E_i ($i = 1 \sim m$)の最大値 E_{\max} と最小値 E_{\min} を求めるステップと、各画素ごと $D = E_{\max} - E_{\min}$ の値が、あらかじめ定められたしきい値 T よりも大きい場合には注目画素におけるマトリクスサイズ $n \times n$ の領域で局所構造に方向性が有ると判定し、しきい値 T よりも小さい場合には注目画素におけるマトリクスサイズ $n \times n$ の領域で局所構造に方向性が無いと判定する請求項12のノイズ低減フィルター。

【請求項16】画像データの各画素に対して、マトリクスサイズ $n \times n$ の領域において、各1次方向成分($i = 1 \sim m$)の濃度変化の大きさ E_i を計算するステップと、各画素ごと濃度変化の大きさ E_i ($i = 1 \sim m$)の最大値 E_{\max} と最小値 E_{\min} を求めるステップと、あらかじめ定められたしきい値 p ($0 < p \leq 1$)により、 $E_{\min} < p \cdot E_{\max}$ ならば注目画素におけるマトリクスサイズ $n \times n$ の領域で局所構造に方向性が有ると判定し、 $E_{\min} \geq p \cdot E_{\max}$ ならば注目画素におけるマトリクスサイズ $n \times n$ の領域で局所構造に方向性が無いと判定する請求項12のノイズ低減フィルター。

【請求項17】画像データの各画素に対して、マトリクスサイズ $n \times n$ の領域において、各1次方向成分($i = 1 \sim m$)の濃度変化の大きさ E_i を計算するステップと、各画素ごと濃度変化の大きさ E_i ($i = 1 \sim m$)の

最小値 $E_{i,j}$ を求めるステップと、あらかじめ定められたしきい値 T により、 $E_{i,j} < T$ ならば注目画素におけるマトリクスサイズ $n \times n$ の領域で局所構造に方向性があると判定し、 $E_{i,j} \geq T$ ならば注目画素におけるマトリクスサイズ $n \times n$ の領域で局所構造に方向性が無いと判定する請求項12のノイズ低減フィルター。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、画像処理分野のノイズ低減処理において、画像のぼけや濃度むらを引き起こさずにノイズ低減させるフィルターに関する。

【0002】

【従来の技術】ノイズ低減処理は、基本的に濃度の急激な変動を滑らかにする働きがあるため、図形の輪郭線をばかす効果を持つ。そこで、図形の輪郭線を何らかの方法で大まかに推定し、それを損なわないやり方で平滑化を施す、エッジ保存平滑化と呼ばれるノイズ低減処理がある。この種のノイズ低減処理は、従来から色々な方法が考案されており、代表的なものとして以下のような方法がある。

【0003】(1) ϵ -分離非線形フィルター

(原島博、小田島薫、鹿嶋善明、 ϵ -分離非線形デジタルフィルタとその応用、信学論(A)、J65-A、4、pp297-304(昭57-04))

(2) Anisotropic Diffusion 法

(P.Perona and J.Malik, Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion, IEEE, Trans on Pattern Anal. Machine Intell. Vol.12, No.7, July, 1990)

(3) LLS 法

(J-S.Lee, Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics, IEEE, Trans on Pattern Anal. Machine Intell., Vol.PAMI-2 No.2, March, 1980)

以上の方法は、微分値や局所分散値により局所領域においてエッジ構造があるかどうかの度合いを定義して、そのエッジ構造の度合いに応じて平滑化の効果を調節するものであり、局所構造の認識の仕方はエッジであるかどうかだけであり、その方向性などは考慮していない。従って、 S/N の悪い画像に対してノイズ低減効果を強めると、エッジ部にぼけが発生したり濃度むらなどが発生しやすいという問題点がある。そこで、画像の局所構造をもう少し精密に考慮したうえで、平滑化を行う方法としては次のような方法がある。

【0004】(4) 局所テンプレートマッチングを利用した方法

(鳥脇純一郎著「画像理解のためのデジタル画像処理」昭晃堂、平成元年11月30日 pp112~114)

この方法は、画像の局所領域におけるエッジや線の典型的なパターンをテンプレートに用意しておき、画像の各

画素 (i, j) の近傍 $U((i, j))$ の入力濃度値とテンプレートマッチングを行い、近傍 $U((i, j))$ の局所構造に適合したテンプレートを重み関数として平滑化処理を行う方法である。もう少し詳しく説明すると、まずあらかじめいくつかの部分画像のサンプル(テンプレート)を用意しておく。一方、画素 (i, j) の近傍 $U((i, j))$ の入力濃度値を一定の順序で並べたものを1次元ベクトルとみなし、 $F_{i,j}$ と表す。テンプレートの方も同様な順序で1次元ベクトル化されているとし、それを、 A_1, A_2, \dots, A_k とする。このとき、 (i, j) における各テンプレートの適合度を表す関数 S にたいして、

$$k_0 = \min S(F_{i,j}, A_k)$$

を計算して、テンプレート A_{k_0} を重み関数として画素 (i, j) の近傍 $U((i, j))$ に含まれる画素値から平滑化処理を行う。ここで、適合度を表す関数 S の具体的な形は多種多様なものが、特にパターン認識や統計学における数値分類の分野で工夫されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、一般に複雑な構造を有する画像では、テンプレートを細かく分類するにしたがって、単純な適合度を表す関数でその局所構造に適合したパターンを正確に選びだすことは難しくなってくる。この時、パターン検出のエラーは、画像の濃度むらやエッジ部のぼけとして現われる。また、パターンを細かく分類し過ぎると、ノイズによる偽構造に適合してしまうパターンが存在してしまうためノイズ低減効果が弱くなる。このように細かくパターンを分類し過ぎると、ノイズに安定なパターン適合度を表す関数を定義することが難しくなりノイズ低減効果が弱くなると同時に、適合するパターンを検索するための検索時間がかかるという問題点がある。

【0006】

【課題を解決するための手段】そこで、テンプレートとして注目画素を通る直線を表すものに限定する。すなわち、画像の局所構造がどちらの方向を向いているかを検出し、その1次方向成分に適合するテンプレートを重み関数として平滑化処理を行う。

【0007】

【作用】本発明では、各画素ごとに局所構造がどちらの方向を向いているかだけに着目するのでパターンの適合度を表す関数は明確に定義できる。例えば、各方向の線上にある隣接画素どうし濃度差の絶対値の和を計算し、その値が最も小さい方向とすれば良い。この時、局所構造の1次方向成分の検出だけなので、ノイズによるパターン検出の失敗が少なくなると同時に、たとえ検出に失敗しても平滑化処理は1次元なので画像がぼけることが少ない。また分類したパターンの中に折線状の物があると、画像のエッジ部などにおいて、ノイズによる境界線の凹凸を真の境界線と認識してしまうことが

あり平滑化後にこの凹凸が残ってしまう場合があるが、本発明のようにパターンを直線に限定すれば、エッジの境界線を直線にあわせ込むことになり、ノイズによる凹凸が抑えられエッジが鮮明になる。そして、テンプレートを直線だけに絞っているの、適合するパターンの検索時間は少なくともすむ。

【0008】

【実施例】

【実施例1】本発明の実施例1を図1を用いて説明する。ここで入力画像 $I(i, j)$ は、MRI画像やCT画像などの医用画像、衛星画像、写真など適当な階調（例えば256）を持つ濃淡画像とする。また、カラー画像においても、RGB各画像に対して本発明を適用すれば良い。実施例1では図2が示すような、マトリクスサイズを 3×3 、1次方向成分として45度単位の4方向とした。また1次方向成分（4方向）の濃度変化の大きさ $d4(k)$ ($k=1 \sim 4$)を、各1次方向成分の線上にある 3×3 のマトリクス内3点に対して、隣接画素どうし濃度差の絶対値の和とする。具体的には以下ようになる。

【0009】(1) 入力画像 I の各画素 (i, j) ごとに、隣接する8点における濃度差の絶対値を計算：

$$\Delta_{k,l}(i, j) = |I(i+k, j+l) - I(i, j)| \quad (k, l = -1 \sim 1)$$

(2) 注目画素と点対称な位置どうしの濃度差の絶対値の和を計算：

$$d4(1) = \Delta_{-1,-1}(i, j) + \Delta_{1,1}(i, j)$$

$$d4(2) = \Delta_{-1,1}(i, j) + \Delta_{1,-1}(i, j)$$

$$d4(3) = \Delta_{-1,0}(i, j) + \Delta_{1,0}(i, j)$$

$$d4(4) = \Delta_{0,-1}(i, j) + \Delta_{0,1}(i, j)$$

ここで、 $d4(k)$ ($k=1 \sim 4$)はそれぞれテンプレート20

1、202、203、204の適合度に対応し、 $d4(k)$ の値が最も小さいテンプレートが、その局所構造に最も適したものとなる。

【0010】【ステップ101】 入力画像 I の各画素 (i, j) ごとに、1次方向成分の濃度変化の大きさ $d4(k)$ ($k=1 \sim 4$)を計算する。

【0011】【ステップ102】 各画素 (i, j) ごとに、1次方向成分の濃度変化の大きさ $d4(k)$ ($k=1 \sim 4$)が最小になる方向を決定する。

【0012】【ステップ103】 各画素 (i, j) ごとに、ステップ102で検出した方向に適合するテンプレートを重み関数として濃度値の3点単純平均 $O(i, j)$ を計算する。

【0013】【ステップ104】 フィルター処理画像として、 O を出力する。

【0014】ステップ103の平滑化処理では検出方向に単純平均を計算したが、処理画像のぼけを防ぐために図3のようなテンプレートにより、重み付平均を計算してもよい。また実施例1では、マトリクスサイズを 3×3 にしたが、平滑化の効果を強めたい時にはマトリクスサイズを大きくしてもよい。例えば、マトリクスサイズ

を 5×5 にした場合のテンプレートを図4に示す。ここでは、1次方向成分の検出方向は8方向とした。ただし、8方向のうちの4方向のパターン405、406、407、408は、折線であり厳密な意味での1次方向成分ではない。しかし、実際の画像データにおいてこのような折線で1次方向成分を近似してもさしつかえない場合が多い。もし、厳密に1次方向成分を計算したい場合には、隣接画素から補間計算により求めればよい。また、マトリクスサイズを 5×5 とした場合の濃度変化の大きさ $d8(k)$ ($k=1 \sim 8$)は、 3×3 の場合と同様に各方向 ($k=1 \sim 8$)の線上にある隣接画素どうし濃度差の絶対値の和として計算すればよい。

【0015】【実施例2】実施例2を図5を用いて説明する。実施例1において、平滑化の効果を強めるためにマトリクスサイズを 5×5 に大きくすると、穴や尖点などの方向性のない構造はぼけてしまう。そこでこのような構造をばかさないために、平滑化処理を行う範囲を各画素ごと局所構造に応じて変えることを考える。例えば、フラットな構造に近い領域では平滑化のためのマトリクスサイズを大きくして平滑化の効果を強くし、構造のある領域では平滑化のためのマトリクスサイズを小さくして、方向性のない構造をばかすことを抑える。ここで、構造の有無を判定する手段として、各1次方向成分 i の濃度変化の大きさ E_i の最小値 E_{min} にもとづいて、 E_{min} の値が小さいときにはフラットに近い領域とし、 E_{min} の値が大きいときには、その1次方向成分上に構造のある領域と判定する。実施例2では、1次方向成分の検出のためのマトリクスサイズを 5×5 、平滑化のためのマトリクスサイズを濃度変化の大きさ E_i の最小値 E_{min} の値にしたがって、 $5 \times 5 \sim 1 \times 1$ に調整する。

【0016】【ステップ501】 入力画像 I の各画素 (i, j) ごとに、1次方向成分の濃度変化の大きさ $d8(k)$ ($k=1 \sim 8$)を計算する。

【0017】【ステップ502】 各画素 (i, j) ごとに、1次方向成分の濃度変化の大きさ $d8(k)$ ($k=1 \sim 8$)が最小になる方向を決定する。

【0018】【ステップ503】 各画素 (i, j) ごと、ステップ502で検出した方向の濃度変化の大きさ E_{min} に対して、しきい値 $E_2 > E_1$ により、

(1) $E_1 > E_{min}$ のとき サイズ 5×5

(2) $E_2 \geq E_{min} \geq E_1$ のとき サイズ 3×3

(3) $E_{min} > E_2$ のとき サイズ 1×1

(画素値)

として平滑化のためのマトリクスサイズを決定する。

【0019】【ステップ504】 各画素 (i, j) ごと、ステップ503で決定した平滑化のためのマトリクスサイズでステップ502で決定した方向により単純平均 $O(i, j)$ を以下のように計算する。

【0020】(1) 平滑化範囲 5×5 のとき

検出方向に適合するテンプレートを重み関数として、5

点単純平均 $O(i, j)$ を計算する。

【0021】(2) 平滑化範囲 3×3 のとき
検出方向がパターン401、405、407のとき、平滑化のテンプレートはパターン201とし、検出方向がパターン402、406、408のとき、平滑化のテンプレートはパターン202とし、検出方向がパターン403のとき、平滑化のテンプレートはパターン203とし、検出方向がパターン404のとき、平滑化のテンプレートはパターン204として、3点単純平均 $O(i, j)$ を計算する。

【0022】(3) 平滑化範囲が 1×1 のとき
注目画素 $I(i, j)$ の濃度値をそのまま $O(i, j)$ の値とする。

【0023】〔ステップ505〕 フィルター処理画像として、 O を出力する。

【0024】構造のないフラットな領域のノイズ低減効果を更に強めたい場合に、 E_{min} が十分小さいとき（ノイズレベル程度）、その画素付近はノイズの振幅を除いて全く構造がないと考えられるので、この画素 (i, j) に関しては面平滑（2次元平滑化）を行ってしまう。具体的には、ステップ503、504でしきい値 $E_0 (< E_1)$ より E_{min} の値が小さいとき、その画素でマトリクスサイズ 3×3 もしくは 5×5 の全ての画素を使って、9点または25点の単純平均値（画像にぼけが発生するようなら重み付け平均としもよい）を $O(i, j)$ とすれば良い。

【0025】〔実施例3〕実施例3を図6を用いて説明する。実施例2では、方向検出を 5×5 のマトリクスで行った後、方向性の強さに応じて平滑化のためのマトリクスサイズを変化させ平滑化処理を行った。本実施例においては、各画素ごとの局所構造における1次方向性が明確に現われるマトリクスサイズを検出し、そのサイズのマトリクスで方向を検出して、平滑化処理を行うことを考える。

【0026】〔ステップ601〕 入力画像 I の各画素 (i, j) ごとに、マトリクスサイズ 5×5 で1次方向成分の濃度変化の大きさ $d8(k) (k=1 \sim 8)$ を計算する。

【0027】〔ステップ602〕 各画素 (i, j) ごと、以下で述べる局所構造性の判定ルーチンに行き、マトリクスサイズ 5×5 での1次方向性の有意を判定。

【0028】方向性がないならば、ステップ603へ
方向性があるならば、ステップ607へ

〔ステップ603〕 注目画素 (i, j) において、マトリクスサイズ 3×3 で1次方向成分の濃度変化の大きさ $d4(k) (k=1 \sim 4)$ を計算する。

【0029】〔ステップ604〕 注目画素 (i, j) において、以下で述べる局所構造性の判定ルーチンに行き、マトリクスサイズ 3×3 での1次方向性の有意を判定。

【0030】方向性がないならば、ステップ605へ

方向性があるならば、ステップ606へ

〔ステップ605〕 注目画素 (i, j) に対して、 $O(i, j) = I(i, j)$

〔ステップ606〕 注目画素 (i, j) に対して、1次方向成分の濃度変化の大きさ $d4(k) (k=1 \sim 4)$ の最小な方向に対応するサイズ 3×3 のテンプレートを重み関数として、3点単純平均値を $O(i, j)$ とする。

10 【0031】〔ステップ607〕 注目画素 (i, j) に対して、1次方向成分の濃度変化の大きさ $d8(k) (k=1 \sim 8)$ の最小な方向に対応するサイズ 5×5 のテンプレートを重み関数として、5点単純平均値を $O(i, j)$ とする。

【0032】〔ステップ608〕 フィルター処理画像として、 $O(i, j)$ を出力する。

【0033】〔局所構造性（局所方向性）の判定ルーチン〕まず最初に、本発明において画像の局所構造は1次方向性だけを考慮しているので、局所領域における構造の有無とその領域における方向性の有無とは同じ意味である。ここで、構造の有無を判定する手段として、各1次方向成分 i の濃度変化の大きさ E_i の最小値 E_{min} に着目して、 E_{min} の値が小さいときにはフラットに近い領域とし、 E_{min} の値が大きいときにはその方向に構造のある領域であると判断する方法について述べる。

【0034】〔ステップ701〕 マトリクスサイズ $n \times n$ において、各1次方向成分 $i = 1 \sim m$ の濃度変化の大きさ E_i に対して、最小値 E_{min} を求める。

【0035】〔ステップ702〕 あらかじめ定められたしきい値 T に対して、

$E_{min} < T$ ならば、構造があると判定

30 $E_{min} \geq T$ ならば、構造がないと判定

構造性（方向性）の有無の判定に関するもう1つの手段として、次のような方法がある。 $n \times n$ のマトリクスにおいて各1次方向成分の濃度変化の大きさ $E_i (i = 1 \sim m)$ とする。図8は、 $E_i (i = 1 \sim m)$ を数直線上に並べたものであるが、もし注目画素の $n \times n$ 領域に方向性がないときは図8(1)が示すように、各1次方向成分の濃度変化の大きさ $E_i (i = 1 \sim m)$ を比べてもあまり変化がなく、 $E_i (i = 1 \sim m)$ は数直線上1つの塊りを作る。しかし、注目画素の $n \times n$ 領域に方向性があるときは図8(2)が示すように、濃度変化の少ない方向と濃度変化の大きい方向の少なくとも2つの塊りができる。そして、その2つの塊りは方向性が明確なほどその距離が離れてくる。このような性質を利用して、方向性を検出する方法について述べる。

【0036】〔ステップ901〕 マトリクスサイズ $n \times n$ において、各1次方向成分 $i = 1 \sim m$ の濃度変化の大きさ E_i の最大値 E_{max} と最小値 E_{min} を求める。

【0037】〔ステップ902〕 $D = E_{max} - E_{min}$ に対して、

50 $D > T$ ならば、方向性があると判定

$D \leq T$ ならば、方向性がないと判定

濃度値が大きい構造物は、平滑化処理によりぼけると非常に目立つ。従って、濃度値が大きい画素において、大きいサイズのマトリクスでは明確に方向性のある場合以外は方向性はないと判定した方がよい場合もある。このように、注目画素の濃度値に応じて、局所構造の判定を行うことも考えられる。以下、このような方法について説明する。

【0038】【ステップ1001】 各1次方向成分 $i = 1 \sim n$ の濃度変化の大きさ E_i に対して、最大値 E_{\max} と最小値 E_{\min} を求める。

【0039】【ステップ1002】

$E_{\min} < 0.4 * E_{\max}$ ならば、方向性があると判定

$E_{\min} \geq 0.4 * E_{\max}$ ならば、方向性がないと判定

この処理は、 E_{\max} 値が方向性の判定に影響する。すなわち、濃度値が高いほど E_{\max} と $0.4 * E_{\max}$ の幅が広くなり、 $E_{\min} < 0.4 * E_{\max}$ となりにくく、各1次方向成分の濃度変化の大きさが多少揺らいでも、その領域に方向性があると判断しない。逆に、濃度値が低いほど E_{\max} と $0.4 * E_{\max}$ の幅が狭くなり、 $E_{\min} < 0.4 * E_{\max}$ となりやすく、その領域に方向性があると判定する頻度が多くなる。

【0040】【実施例5】 実施例5を図11を用いて説明する。実施例1では、 3×3 のマトリクスで局所構造の方向を検出し、平滑化処理を行った。本実施例では、構造のぼけを防ぎながら、 3×3 における平滑化の効果を強めるために、まず各画素ごと 3×3 のマトリクスで濃度変化の最小な方向を検出したのち、 3×3 のマトリ

- ① $d1(1) = |I(i+1, j-1) - I(i, j-2)|$
- ② $d1(2) = |I(i+1, j-1) - I(i+1, j-2)|$
- ③ $d1(3) = |I(i+1, j-1) - I(i+2, j-2)|$
- ④ $d1(4) = |I(i+1, j-1) - I(i+2, j-1)|$
- ⑤ $d1(5) = |I(i+1, j-1) - I(i+2, j)|$

検出方向が1202のとき、

- ① $d1(1) = |I(i-1, j-1) - I(i, j-2)|$
- ② $d1(2) = |I(i-1, j-1) - I(i-1, j-2)|$
- ③ $d1(3) = |I(i-1, j-1) - I(i-2, j-2)|$
- ④ $d1(4) = |I(i-1, j-1) - I(i-2, j-1)|$
- ⑤ $d1(5) = |I(i-1, j-1) - I(i-2, j)|$

検出方向が1203のとき、

- ① $d1(1) = |I(i-1, j) - I(i-2, j-1)|$
- ② $d1(2) = |I(i-1, j) - I(i-2, j)|$
- ③ $d1(3) = |I(i-1, j) - I(i-2, j+1)|$

検出方向が1204のとき、

- ① $d1(1) = |I(i, j-1) - I(i-1, j-2)|$
- ② $d1(2) = |I(i, j-1) - I(i, j-2)|$
- ③ $d1(3) = |I(i, j-1) - I(i+1, j-2)|$

【ステップ1104】 各画素 (i, j) ごと、ステップ1103で決定された平滑化領域にしたがって、5点単純平均 $O(i, j)$ を計算する。

* クスの検出方向両端点における画素で、再び濃度変化の最小な方向を求め平滑化領域を 5×5 に広げることを考える。図12を使って説明すると、 3×3 で方向を検出してテンプレートの1201、1202、1203、1204のいずれかになったとき、それぞれのテンプレートにおいて、濃度変化の最小な丸印および丸印の番号の方向に平滑化領域を拡張する。実施例1において、 5×5 のマトリクスで局所構造の方向を検出する場合、濃度変化が最小な方向においても検出方向の端点の画素で無視できない構造物を拾ってしまい、この方向に平滑化処理を行うことによって画像がぼけるといえる。しかし本実施例では、 3×3 のマトリクスの領域で局所構造の直線性を検出したのち、平滑化によって最も影響の少ない方向に平滑化領域を拡大するのでこのような問題は緩和される。

【0041】【ステップ1101】 入力画像Iの各画素 (i, j) ごとに、マトリクスサイズ 3×3 で1次方向成分の濃度変化の大きさ $d4(k)$ ($k=1 \sim 4$) を計算する。

【0042】【ステップ1102】 各画素 (i, j) ごとに、1次方向成分の濃度変化の大きさ $d4(k)$ ($k=1 \sim 4$) が最小な1次方向成分を求める。

【0043】【ステップ1103】 ステップ1102における検出方向に応じて、以下のように各テンプレート1201、1202、1203、1204における丸印および丸印の各番号の方向への濃度差の絶対値 $d1(k)$, $d2(k)$ を計算する。そして、濃度差の絶対値 $d1(k)$, $d2(k)$ が最小な方向に平滑化領域を拡張する。

【0044】 検出方向が1201のとき、

- ①' $d2(1) = |I(i-1, j+1) - I(i-2, j)|$
- ②' $d2(2) = |I(i-1, j+1) - I(i-2, j+1)|$
- ③' $d2(3) = |I(i-1, j+1) - I(i-2, j+2)|$
- ④' $d2(4) = |I(i-1, j+1) - I(i-1, j+2)|$
- ⑤' $d2(5) = |I(i-1, j+1) - I(i, j+2)|$

- ①' $d2(1) = |I(i+1, j+1) - I(i, j+2)|$
- ②' $d2(2) = |I(i+1, j+1) - I(i+1, j+2)|$
- ③' $d2(3) = |I(i+1, j+1) - I(i+2, j+2)|$
- ④' $d2(4) = |I(i+1, j+1) - I(i+2, j+1)|$
- ⑤' $d2(5) = |I(i+1, j+1) - I(i+2, j)|$

- ①' $d2(1) = |I(i+1, j+1) - I(i+2, j-1)|$
- ②' $d2(2) = |I(i+1, j+1) - I(i+2, j)|$
- ③' $d2(3) = |I(i+1, j+1) - I(i+2, j+1)|$

- ①' $d2(1) = |I(i, j+1) - I(i-1, j+2)|$
- ②' $d2(2) = |I(i, j+1) - I(i, j+2)|$
- ③' $d2(3) = |I(i, j+1) - I(i+1, j+2)|$

【0045】【ステップ1105】 フィルター処理画像として、Oを出力する。

【0046】【実施例6】 本実施例を図13を用いて説

明する。本実施例では、局所構造の方向性の解析にウェーブレット変換を利用する。ウェーブレット変換は、実空間上局在する関数のシフト変換、スケール変換からなる基底関数によって、データを解析する手法であり、その基底関数の局在性からデータの突発的な変化の解析に優れている。本実施例では、2次元画像データのウェーブレット変換として、Mallatのサブバンドコーディング(Mallat,S.G.,IEEE Trans.on PAMI,vol.11,No.7,pp674-693,1989.)を利用する。Mallatのサブバンドコーディングは、画像の解像度を1/2ずつ落しながら画像の縦、横、斜めという構成成分を表す3つの詳細画像と低解像度画像に分離していく方法である。またそこで使われるhigh-pass,low-pass フィルターは、Daubechiesの4tap 正則フィルター(I D-aubechies,Commun.Pure Appl.Mat h.,vol.41,pp.909-996,November 1988)を使う。図14はサブバンドコーディングによるウェーブレット表現を示す図である。 $D_{2,1}f$ は、縦方向にhigh-passフィルター、横方向にlow-passフィルターがかかっているの、解像度を1/2に落した画像の横方向の構造が現われる。同様に、 $D_{1,2}f$ は、横方向にhigh-passフィルター、縦方向にlow-passフィルターがかかっているの、解像度を1/2に落した画像の縦方向の構造が現われる。最後に、 $D_{3,1}f$ は、横方向にhigh-passフィルター、縦方向にhigh-passフィルターがかかっているの、解像度を1/2に落した画像の斜め方向の構造が現われる。この詳細画像の性質を利用して、局所構造の方向成分の解析を行う。

【0047】【ステップ1301】 画像データ1をウェーブレット変換し、詳細画像 $D_{3,1}I$ 、 $D_{2,1}I$ 、 $D_{1,1}I$ と低解像度画像 $A_{1,1}I$ に分解する。

【0048】【ステップ1302】 全ての画素(i, j)に対して、

$$D'_{3,1}I(i, j) = 0, D'_{2,1}I(i, j) = 0, D'_{1,1}I(i, j) = 0$$

【ステップ1303】 各画素(i, j)ごとに、あらかじめ定められたしきい値 $T_{3,1}$ 、 $T_{2,1}$ 、 $T_{1,1}$ に対して、

$$|D_{3,1}I(i, j)| > T_{3,1} \text{ のとき} \\ D'_{3,1}I(i+k, j+l) = D_{3,1}I(i+k, j+l) \\ (k, l = -3 \sim 3)$$

$$|D_{2,1}I(i, j)| > T_{2,1} \text{ のとき} \\ D'_{2,1}I(i+k, j+l) = D_{2,1}I(i+k, j+l) \\ (k, l = -3 \sim 3)$$

$$|D_{1,1}I(i, j)| > T_{1,1} \text{ のとき} \\ D'_{1,1}I(i+k, j+l) = D_{1,1}I(i+k, j+l) \\ (k, l = -3 \sim 3)$$

【ステップ1304】 ステップ1303で処理した

$D'_{3,1}I$ 、 $D'_{2,1}I$ 、 $D'_{1,1}I$ と $A_{1,1}I$ から、逆ウェーブレット変換による再生画像をOとする。

【0049】【ステップ1305】 フィルター処理画像として、Oを出力する。

【0050】

【発明の効果】本発明により、S/Nの低い画像に対してエッジのぼけや濃度むを最小に抑えながら、高速にノイズを低減することができる。特に、エッジ部の境界線が強調され鮮明になる。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1実施例の処理手順を示すフローチャートである。

【図2】本発明の実施例1における1次方向成分の例を示す図である。

【図3】本発明の実施例1における1次方向成分の例を示す図である。

【図4】本発明の実施例1における1次方向成分の例を示す図である。

20 【図5】本発明の1実施例の処理手順を示すフローチャートである。

【図6】本発明の1実施例の処理手順を示すフローチャートである。

【図7】本発明の実施例4における局所方向性の判定ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図8】本発明の実施例4における局所方向性の判定ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図9】本発明の局所方向性の判定の1例を説明する図である。

30 【図10】本発明の実施例4における局所方向性の判定ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図11】本発明の1実施例の処理手順を示すフローチャートである。

【図12】本発明の実施例5における、マトリクスサイズ3*3から5*5に拡張するパターンを示す図である。

【図13】本発明の1実施例の処理手順を示すフローチャートである。

【図14】サブバンドコーディングによるウェーブレット表現を示す図である。

40 【符号の説明】

101…各画素ごとに、各1次方向成分の濃度変化の大きさを計算するステップ、

102…各画素ごとに、濃度変化の大きさが最小な方向を検出するステップ、

103…検出した方向に平滑化処理を行うステップ。

201…マトリクスサイズ3*3のときの局所方向性の方向成分の一つ、

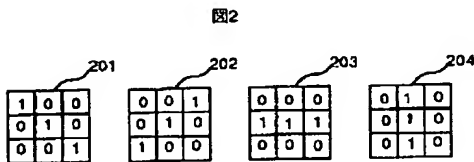
202…マトリクスサイズ3*3のときの局所方向性の方向成分の一つ、

50 203…マトリクスサイズ3*3のときの局所方向性の

方向成分の一つ、
 204…マトリクスサイズ3×3のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 401…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 402…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 403…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 404…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 405…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 406…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 407…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 408…マトリクスサイズ5×5のときの局所方向性の方向成分の一つ、
 501…各画素ごとに、各1次方向成分の濃度変化の大きさをマトリクスサイズ5×5で計算するステップ、
 502…各画素ごとに、濃度変化の大きさが最小になる方向を検出するステップ、
 503…しきい値処理により、平滑化のためのマトリクスサイズを決定するステップ、
 504…ステップ503で決定されたマトリクスサイズに従って、平滑化処理を行うステップ、
 601…各画素ごとに、各1次方向成分の濃度変化の大きさをマトリクスサイズ5×5で計算するステップ、
 602…しきい値処理により、マトリクスサイズ5×5で平滑化するか、方向検出をマトリクスサイズ3×3でやり直すかを決定するステップ、
 603…注目画素において、濃度変化の大きさが最小になる方向を検出するステップ、

*

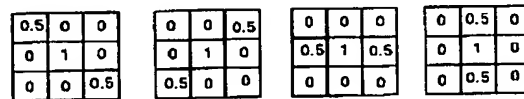
【図2】



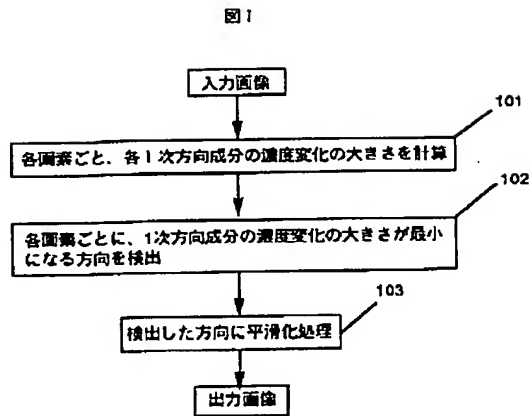
*604…しきい値処理により、マトリクスサイズ3×3で平滑化するか、注目画素をそのまま埋め込むかの決定するステップ、
 605…注目画素をそのまま埋め込むステップ、
 606…マトリクスサイズ3×3で平滑化処理を行うステップ、
 607…マトリクスサイズ5×5で平滑化処理を行うステップ、
 1101…各画素ごとに、各1次方向成分の濃度変化の大きさをマトリクスサイズ3×3で計算するステップ、
 1102…各画素ごとに、濃度変化の大きさが最小になる方向を検出するステップ、
 1103…各画素ごとに、検出方向に応じて濃度変換の最小な方向に平滑化領域を拡張するステップ、
 1104…各画素ごと決定された平滑化領域(5×5)に従って、平滑化処理を行うステップ、
 1201…マトリクスサイズを3×3から5×5に拡張する方法、
 1202…マトリクスサイズを3×3から5×5に拡張する方法、
 1203…マトリクスサイズを3×3から5×5に拡張する方法、
 1204…マトリクスサイズを3×3から5×5に拡張する方法、
 1301…画像データをウェーブレット変換するステップ、
 1302…ゼロクリアーされた詳細画像を用意するステップ、
 1303…各詳細画像に対して、あらかじめ定められたしきい値より大きい画素値の絶対値を持つ画素周辺をステップ1302で用意した詳細画像に埋め込む、
 1304…ステップ1303で処理した詳細画像と低解像度画像から逆ウェーブレット変換するステップ。

【図3】

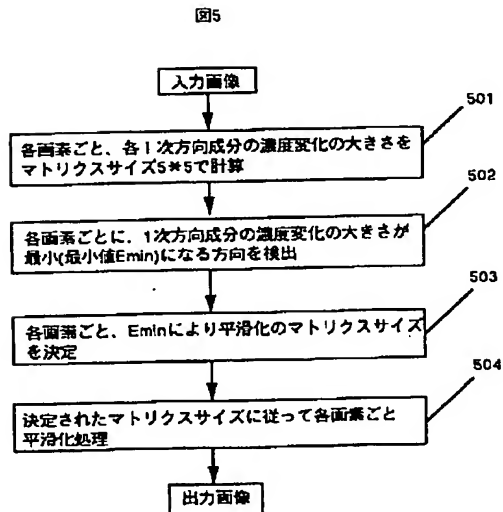
図3



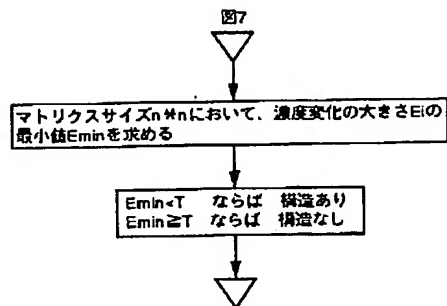
【図1】



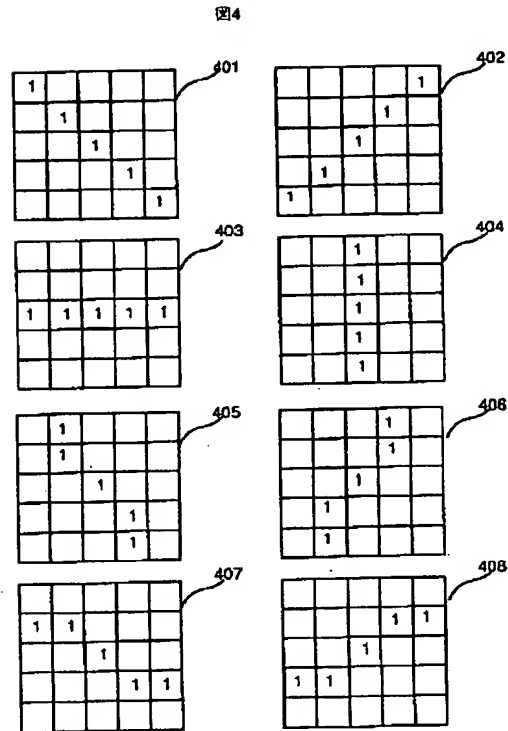
【図5】



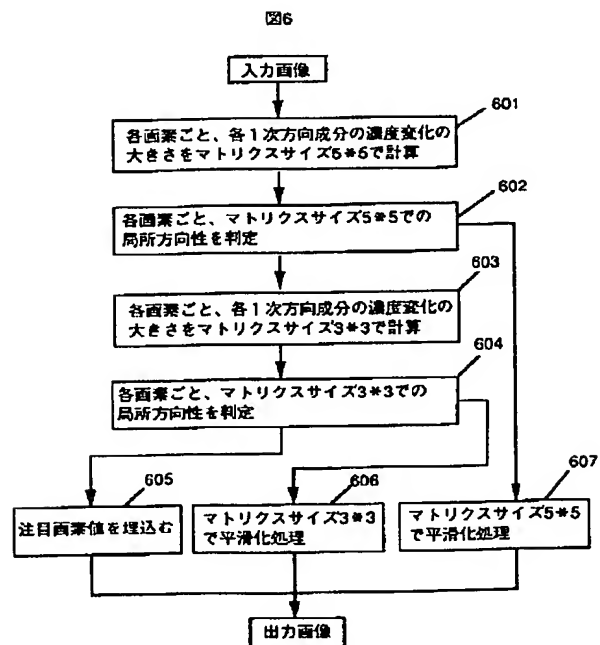
【図7】



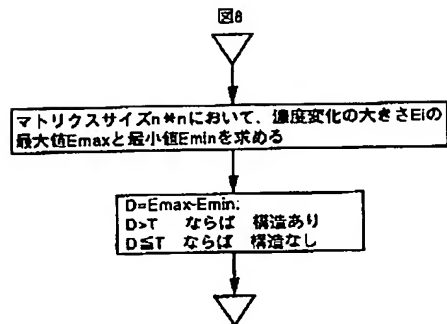
【図4】



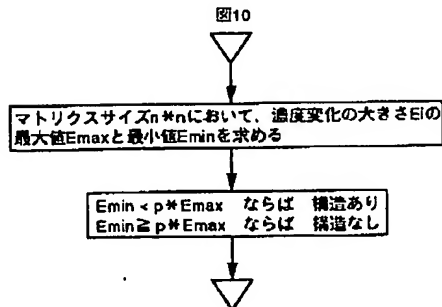
【図6】



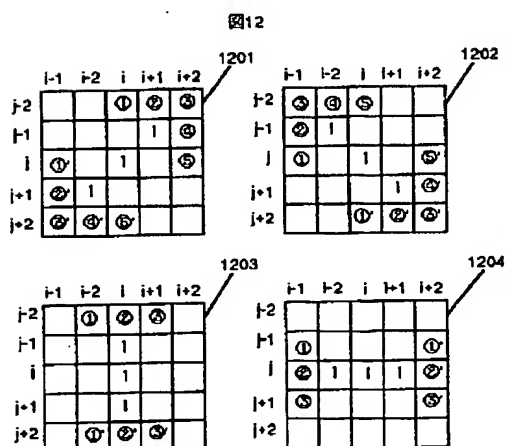
【図8】



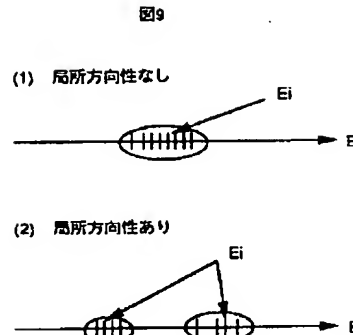
【図10】



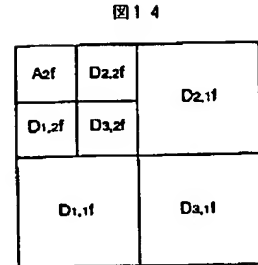
【図12】



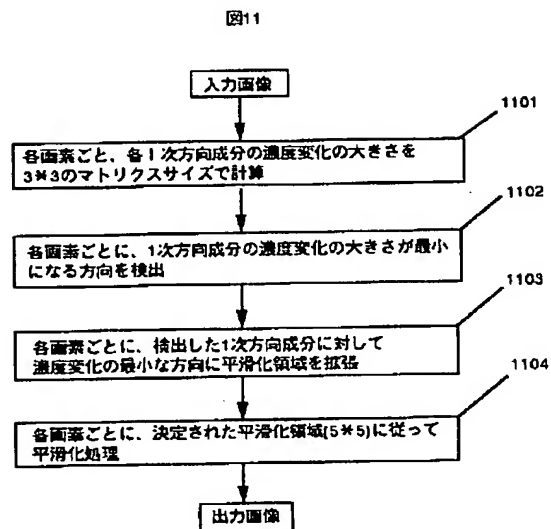
【図9】



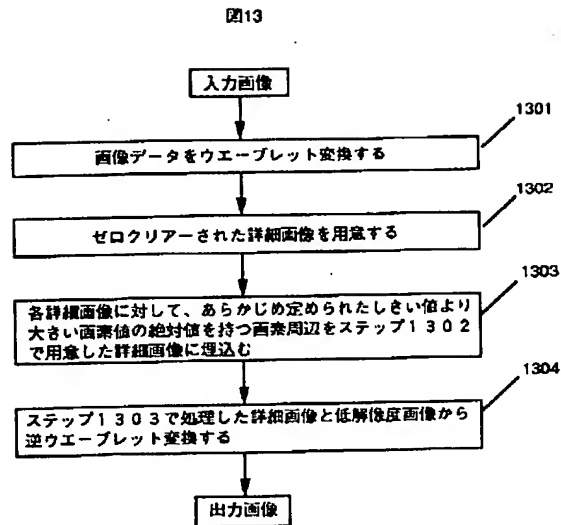
【図14】



【図11】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 田口 順一
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株
式会社日立製作所システム開発研究所内